

**MONITOROWANIE ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH
I HYDROGEOLOGICZNYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH I POGÓRNICZYCH
W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM ORAZ ZAGROŻEŃ RADIACYJNYCH**

Zadanie 1.6. Opracowywanie zintegrowanych map zagrożeń geodynamicznych
i hydrogeologicznych na terenach górniczych i pogórnich

RAPORT KWARTALNY 1.6.3.

za okres 01.07.2024 – 30.09.2024

Podstawą sporządzenia Raportu jest rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz.U. z 2023 r. poz. 1579) oraz umowa nr 17/D/10095/2830/2024/DA z dnia 12.08.2024 r. zawarta pomiędzy Ministerstwem Przemysłu oraz Głównym Instytutem Górnictwa - Państwowym Instytutem Badawczym.

Jarosław Zagórowski
Dyrektor GIG-PIB

dr inż. Zbigniew Lubosik
Z-ca Dyrektora
ds. Geoinżynierii i Bezpieczeństwa
Przemysłowego

dr inż. Piotr Gruchlik
Kierownik Zadania

Zawartość raportu:

- I. PostgreSQL i PostGIS - opis i zastosowanie
 1. PostgreSQL – Relacyjna baza danych
 2. PostGIS – Rozszerzenie geoprzestrzenne dla PostgreSQL
 3. Funkcje i możliwości PostGIS
 4. Zastosowania PostgreSQL/PostGIS w kontekście wizualizacji danych geodynamicznych i hydrogeologicznych
 5. Podsumowanie
- II. Wizualizacja danych przestrzennych w serwisie internetowym
 1. Technologie i narzędzia do wizualizacji
 2. Rodzaje danych geoprzestrzennych
 3. Funkcje interaktywne w serwisie
 4. Responsywność i optymalizacja
 5. Przykłady wdrożonych serwisów
 6. Zabezpieczenia
 7. Testowanie i wdrożenie
 8. Posumowanie

Załącznik nr 1. Mapa GZW z pionowymi przemieszczeniami powierzchni, lokalizacją wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią, lokalizacją epicentrow indukowanych wstrząsów sejsmicznych w III kwartale 2024

I. PostgreSQL i PostGIS - opis i zastosowanie

PostgreSQL i PostGIS to połączenie relacyjnej bazy danych z rozbudowanym wsparciem dla danych geoprzestrzennych, które często wykorzystuje się w projektach związanych z analizą, przetwarzaniem oraz wizualizacją danych przestrzennych, takich jak mapy zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych.

1. PostgreSQL – Relacyjna baza danych

PostgreSQL to zaawansowany system relacyjnej bazy danych, open-source, który wspiera standard SQL i jest powszechnie używany do zarządzania danymi w aplikacjach webowych, aplikacjach analitycznych i w wielu innych scenariuszach. Kluczowe cechy PostgreSQL:

- Relacyjny model danych: Umożliwia przechowywanie i zarządzanie danymi w tabelach, zapewniając silne zasady integralności, spójność i trwałość danych.
- Zaawansowane możliwości zapytań: PostgreSQL wspiera złożone zapytania SQL, transakcje ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability), funkcje agregujące, widoki, oraz funkcje użytkownika.
- Rozszerzalność: PostgreSQL obsługuje rozszerzenia (np. PostGIS), które rozszerzają jego funkcjonalność o dodatkowe typy danych i operacje.
- Skalowalność i wydajność: Jest przystosowany do pracy z dużymi wolumenami danych i może być optymalizowany w celu osiągnięcia wysokiej wydajności.

2. PostGIS – Rozszerzenie geoprzestrzenne dla PostgreSQL

PostGIS to rozszerzenie dla PostgreSQL, które dodaje wsparcie dla danych geoprzestrzennych. Pozwala ono na przechowywanie, przetwarzanie i analizowanie danych przestrzennych, takich jak współrzędne geograficzne, kształty (np. punkty, linie, wielokąty) oraz operacje geograficzne (np. obliczanie odległości, przecięcia obiektów). PostGIS sprawia, że PostgreSQL staje się potężnym narzędziem do zarządzania i analizowania danych GIS (Geographic Information System).

3. Funkcje i możliwości PostGIS

PostGIS dodaje wiele funkcjonalności do PostgreSQL, które są niezbędne do obsługi danych przestrzennych. Oto kluczowe z nich:

- Przechowywanie danych przestrzennych:
 - Obsługa wielu typów geograficznych, takich jak punkty, linie, wielokąty oraz bardziej złożone struktury jak MultiPolygon czy GeometryCollection.
 - Umożliwia przechowywanie danych w różnych układach współrzędnych (np. WGS84, ETRF2000-PL) oraz transformację między nimi.
- Geometria i geografia:
 - PostGIS rozróżnia dwa typy danych przestrzennych:
 - Geometry: Wykorzystuje system współrzędnych kartograficznych i jest bardziej odpowiedni dla mniejszych obszarów (np. w obrębie jednego obszaru górniczego).
 - Geography: Używa elipsoidalnych układów współrzędnych i jest bardziej odpowiedni do pracy z danymi na poziomie globalnym, uwzględniającymi krzywiznę Ziemi.
- Operacje przestrzenne:
 - Przecięcia i przecinanie: Możliwość sprawdzenia, czy dwa obiekty przestrzenne się przecinają lub jakie mają wspólne obszary (np. czy dwie działki ziemi mają wspólną granicę).
 - Buforowanie: Tworzenie stref buforowych wokół obiektów, co może być przydatne do analizy obszarów ryzyka wokół linii uskoków czy źródeł wód gruntowych.
 - Obliczanie odległości: Możliwość obliczenia rzeczywistej odległości między punktami w różnych układach współrzędnych (np. odległość między punktami na mapie z uwzględnieniem krzywizny Ziemi).
 - Agregacja przestrzenna: Łączenie geometrii, np. sumowanie powierzchni terenów objętych zagrożeniami geologicznymi.
- Indeksy przestrzenne:
 - GiST (Generalized Search Tree): Pozwala na szybkie wyszukiwanie obiektów na podstawie ich położenia przestrzennego, co jest kluczowe dla optymalizacji wydajności zapytań w bazie danych z dużymi zestawami danych GIS.
 - Indeksy przestrzenne przyspieszają zapytania, które przetwarzają duże ilości danych geoprzestrzennych, umożliwiając szybkie znajdowanie obiektów w określonych obszarach, np. wszystkich zagrożonych terenów w promieniu 10 km od miejsca eksploatacji górniczej.

4. Zastosowania PostgreSQL/PostGIS w kontekście wizualizacji danych geodynamicznych i hydrogeologicznych

W projekcie dotyczącym opracowywania zintegrowanych map zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych na terenach górniczych i pogórniczych, PostgreSQL z rozszerzeniem PostGIS pełni kluczową rolę w zarządzaniu i analizie danych przestrzennych. Poniżej kilka konkretnych zastosowań:

- Przechowywanie i organizacja danych geoprzestrzennych:
 - Dane dotyczące wstrząsów indukowanych, poziomu wód gruntowych, deformacji terenu, oraz innych zagrożeń można przechowywać w strukturze bazy danych, co umożliwia ich łatwe filtrowanie, wyszukiwanie i analizowanie.
 - PostGIS umożliwia integrację tych danych z historycznymi danymi o działalności górniczej i modelami numerycznymi, co daje całościowy obraz zagrożeń na danym obszarze.
- Tworzenie warstw mapy:
 - PostGIS pozwala na tworzenie różnych warstw map (np. strefy osiadania, obszary zagrożone wstrząsami, hydrologiczne strefy ochronne) i udostępnianie ich w systemach GIS. Każda z tych warstw może być później wyświetlana na mapie interaktywnej w serwisie internetowym.
- Analiza przestrzenna:
 - Dzięki funkcjom analizy przestrzennej można tworzyć bufor wokół obszarów eksploatacji górniczej, aby ocenić, które obszary są najbardziej narażone na zagrożenia geodynamiczne lub hydrogeologiczne.
 - Możliwość dynamicznego obliczania odległości między punktami (np. od budynków do uskoków lub źródeł wód gruntowych) pozwala na dokładną ocenę potencjalnych zagrożeń.
- Dynamiczne zapytania i wizualizacja:
 - PostGIS pozwala na generowanie wyników analiz w czasie rzeczywistym, które mogą być następnie wizualizowane w interaktywnych serwisach internetowych. Dzięki zapytaniom przestrzennym można dynamicznie generować mapy zagrożeń na podstawie aktualnych danych.

5. Podsumowanie

PostgreSQL wraz z PostGIS to potężne narzędzie do zarządzania i analizowania danych geoprzestrzennych, zwłaszcza w kontekście wizualizacji zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych. Połączenie zaawansowanych możliwości relacyjnej bazy danych z funkcjonalnością GIS pozwala na skuteczne gromadzenie, analizowanie i udostępnianie danych przestrzennych w formie dynamicznych, interaktywnych map. To rozwiązanie jest szeroko wykorzystywane w aplikacjach GIS, takich jak mapy terenów górniczych, analizy sejsmiczne, a także zarządzanie ryzykiem związanym z zagrożeniami geologicznymi i hydrogeologicznymi.

II. Wizualizacja danych przestrzennych w serwisie internetowym.

Wizualizacja danych przestrzennych w serwisie internetowym jest kluczowym elementem, pozwalającym użytkownikom w sposób intuicyjny i interaktywny przeglądać, analizować oraz interpretować informacje geoprzestrzenne. Dobrze zaprojektowany system wizualizacji powinien być łatwy w obsłudze i oferować przydatne narzędzia analityczne. Oto kilka kluczowych kroków oraz narzędzi do realizacji wizualizacji danych przestrzennych w serwisie internetowym:

1. Technologie i narzędzia do wizualizacji

Wizualizację danych geoprzestrzennych można zrealizować przy użyciu różnych technologii front-end i back-end. Najbardziej popularne rozwiązania to:

a. Leaflet

Leaflet to lekka i łatwa w użyciu biblioteka JavaScript do tworzenia interaktywnych map. Obsługuje dane rastrowe (np. kafelki mapowe) oraz wektorowe (np. GeoJSON).

WMS i WMTS z GeoServera: Serwis może wyświetlać warstwy geoprzestrzenne z serwera WMS/WMTS (np. dane o zagrożeniach związanych z działalnością górniczą):

javascript

```
var map = L.map('map').setView([50.288, 18.679], 10);
```

```
L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {  
  layers: 'workspace:zagrozenia_gornicze',  
  format: 'image/png',  
  transparent: true  
}).addTo(map);
```

Dane wektorowe: Można załadować dane wektorowe (np. GeoJSON z lokalizacją deformacji, obszarów zagrożeń itp.):

```
javascript
L.geoJSON(daneGeoJSON, {
  onEachFeature: function (feature, layer) {
    layer.bindPopup("Typ zagrożenia: " + feature.properties.typ);
  }
}).addTo(map);
```

b. OpenLayers

OpenLayers to bardziej zaawansowane narzędzie, które wspiera wiele formatów danych (m.in. WMS, WMTS, WFS, GeoJSON, KML) i pozwala na bardziej złożoną interakcję z danymi.

Wyświetlanie warstw WMS:

```
javascript
var map = new ol.Map({
  target: 'map',
  layers: [
    new ol.layer.Tile({
      source: new ol.source.TileWMS({
        url: 'http://localhost:8080/geoserver/wms',
        params: { 'LAYERS': 'workspace:zagrozenia_gornicze', 'TILED': true }
      })
    })
  ],
  view: new ol.View({
    center: ol.proj.fromLonLat([18.679, 50.288]),
    zoom: 10
  })
});
```

Funkcje interaktywne: OpenLayers wspiera narzędzia takie jak wyszukiwanie, klikanie na obszar w celu wyświetlenia szczegółowych informacji o danym zagrożeniu czy dodawanie narzędzi analitycznych do rysowania i pomiarów.

c. D3.js

Na potrzeby zaawansowanej, niestandardowej wizualizacji danych, można wykorzystać bibliotekę D3.js. D3.js pozwala tworzyć dynamiczne, animowane mapy, wykresy oraz analizy danych geoprzestrzennych. Choć nie jest ona zaprojektowana specjalnie do map, jej integracja

z narzędziami GIS (np. GeoJSON) pozwala na tworzenie wysoce interaktywnych map tematycznych.

d. Mapbox GL JS

Mapbox GL JS to biblioteka do renderowania map wektorowych w czasie rzeczywistym, która zapewnia płynne i szybkie renderowanie danych geoprzestrzennych. Umożliwia tworzenie bardzo zaawansowanych, estetycznych i interaktywnych map.

2. Rodzaje danych geoprzestrzennych

Odpowiedni sposób wizualizacji, koreponduje z rodzajem prezentowanych danych:

- Dane wektorowe: Punkty (np. lokalizacje zakładów górniczych), linie (np. przebieg granic), poligony (np. obszary zagrożeń).
- Dane rastrowe: Mapy ciepła (heatmapy) prezentujące intensywność zagrożeń, zdjęcia satelitarne lub modele terenu.

W zależności od typu danych można stosować różne techniki wizualizacji, np. mapy tematyczne, heatmapy, izoliny (np. pokazujące obniżenie terenu), czy też symbolizację gradientową dla danych o różnych wartościach zagrożeń.

3. Funkcje interaktywne w serwisie

Interaktywność jest kluczowym aspektem wizualizacji w aplikacjach geoprzestrzennych. Poniżej kilka funkcji, które mogą znacząco wzbogacić serwis:

a. Popupy i infoboxy

Każda warstwa mapy może zawierać informacje wyświetlane po kliknięciu na dany obiekt. Na przykład po kliknięciu na obszar osuwiska można wyświetlić szczegółowe dane o jego genezie, poziomie ryzyka czy podjętych działaniach prewencyjnych.

javascript

```
function onEachFeature(feature, layer) {  
  if (feature.properties && feature.properties.name) {  
    layer.bindPopup("Zagrożenie: " + feature.properties.typ_zagrozenia);  
  }  
}
```

b. Filtrowanie i wyszukiwanie danych

Umożliwienie użytkownikom filtrowania danych na mapie (np. po typie zagrożenia, dacie wystąpienia, intensywności) lub wyszukiwania lokalizacji to ważna funkcja. Dzięki

filtrowaniu można dynamicznie zmieniać wyświetlaną zawartość mapy, dostosowując ją do preferencji użytkownika.

c. Warstwy tematyczne

Serwis może oferować różne warstwy tematyczne, które użytkownik może włączać lub wyłączać w zależności od potrzeb. Na przykład:

- Warstwa prezentująca szkody górnicze.
- Warstwa pokazująca tereny zagrożone deformacjami.
- Warstwa obrazująca aktualne kopalnie i zakłady górnicze.

Użytkownik może włączać i wyłączać warstwy za pomocą prostego interfejsu:

javascript

```
var warstwaZagrozenia = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {  
  layers: 'workspace:zagrozenia',  
  format: 'image/png',  
  transparent: true  
});
```

```
var warstwaKopalnie = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {  
  layers: 'workspace:kopalnie',  
  format: 'image/png',  
  transparent: true  
});
```

```
L.control.layers({  
  "Zagrozenia górnicze": warstwaZagrozenia,  
  "Kopalnie": warstwaKopalnie  
}).addTo(map);
```

d. Heatmapy

Dla danych o wysokiej zmienności przestrzennej, np. intensywność zagrożeń górniczych w różnych rejonach, można zastosować heatmapy. Jest to wizualizacja, która pozwala użytkownikom szybko zidentyfikować obszary o większym ryzyku.

e. Analizy przestrzenne

Zaawansowane serwisy GIS mogą oferować narzędzia analityczne, takie jak pomiary odległości, obliczanie powierzchni, rysowanie buforów wokół zagrożeń czy analizy nakładania warstw.

4. Responsywność i optymalizacja

Aby serwis był dostępny na różnych urządzeniach (komputery, tablety, smartfony), konieczne jest zapewnienie jego responsywności. Narzędzia takie jak Leaflet i OpenLayers dobrze wspierają dostosowanie map do różnych rozdzielczości.

W przypadku dużych zbiorów danych kluczowa jest również optymalizacja wydajności. Można to osiągnąć, np. przez:

- Cache'owanie warstw: Stosowanie mechanizmów cache'owania, takich jak GeoWebCache, aby zredukować obciążenie serwera.
- Lazy loading: Wczytywanie danych dynamicznie, tylko w obszarze widocznym na ekranie.
- Kafelki mapowe: Dzielenie danych na mniejsze fragmenty (tzw. tiles), można zredukować ilość przesyłanych danych i przyspieszyć renderowanie.

5. Przykłady wdrożonych serwisów

Inspiracją dla tworzenia własnych wizualizacji mogą być istniejące serwisy prezentujące dane geoprzestrzenne, takie jak:

- Geoportal Krajowy (geoportal.gov.pl) – przykład wizualizacji różnych warstw geoprzestrzennych na poziomie ogólnokrajowym.
- Mapy Google – popularny serwis mapowy z licznymi funkcjami interaktywnymi, który może być inspiracją w zakresie nawigacji i przeglądania danych.
- Mapbox Studio – narzędzie do projektowania map, które pozwala na zaawansowaną personalizację warstw i danych.

6. Zabezpieczenia

Serwisy prezentujące dane geoprzestrzenne wymagają zarządzania uprawnieniami dostępu:

- Autoryzacja i autentykacja: Użycie standardowych metod autoryzacji, aby zapewnić, że tylko uprawnieni użytkownicy mają dostęp do określonych danych.
- Ograniczenia dostępu do danych: GeoServer wspiera narzędzia do kontroli dostępu, które umożliwiają ograniczenie widoczności warstw lub obszarów dla konkretnych użytkowników lub grup.

7. Testowanie i wdrożenie

Testowanie powinno obejmować:

- Testy wydajnościowe: Jak serwis radzi sobie z dużą ilością danych i użytkowników?
- Testy funkcjonalne: Czy wszystkie funkcje działają zgodnie z założeniami?
- Testy bezpieczeństwa: Czy serwis jest odporny na ataki?

8. Podsumowanie

Wizualizacja danych przestrzennych w serwisie internetowym to połączenie technologii frontendowych, takich jak Leaflet czy OpenLayers, oraz zaawansowanych systemów backendowych do zarządzania i udostępniania danych geoprzestrzennych, takich jak GeoServer i PostGIS. Odpowiednie narzędzia oraz dobrze zaplanowane funkcje interaktywne umożliwiają efektywne przedstawienie danych zagrożeń związanych z działalnością górniczą, co pozwala użytkownikom lepiej rozumieć i analizować te informacje.

Zasady korzystania z Raportów GIG-PIB

Zawartość Raportu, jego forma, treści, sposób wyrażenia, stanowi utwór w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2022 roku, poz. 2509, t.j.) i podlega ochronie przewidzianej w tej ustawie.

Wykorzystanie danych zawartych w Raporcie w zakresie innym niż realizacja zadań publicznych oraz ich ewentualne dalsze przetwarzanie wymaga uzyskania zgody/odrębnej licencji Ministra Przemysłu/uprawnionego podmiotu.

Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy nie ponosi odpowiedzialności za:

- Błądną interpretację i/lub przetwarzanie bazy danych,
- Wykorzystanie danych niezgodne z ich przeznaczeniem,
- Wykorzystanie danych niezgodne z ich standardem i szczegółowością.
- Dokonywanie modyfikacji danych, ich opracowanie czy łączenie z innymi utworami.